

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Sotoshi YAMADA, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: EDDY-CURRENT SENSOR FOR NONDESTRUCTIVE TESTING

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. _____ Date Filed _____
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-277355	July 22, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 2 2 日
Date of Application:

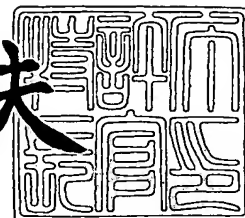
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 7 7 3 5 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 7 7 3 5 5]

出 願 人 金沢大学長
Applicant(s): T D K 株式会社

2 0 0 4 年 2 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 4 7 2 5

【書類名】 特許願
【整理番号】 99P05715
【特記事項】 特許法第 3 0 条第 1 項の規定の適用を受けようとする特許出願
【提出日】 平成15年 7月22日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01N 27/90
【発明者】
 【住所又は居所】 石川県金沢市つつじヶ丘 2 1 0 - 5
 【氏名】 山田 外史
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 T D K 株式会社内
 【氏名】 庄司 茂
【特許出願人】
 【識別番号】 591006335
 【氏名又は名称】 金沢大学長
【特許出願人】
 【識別番号】 000003067
 【氏名又は名称】 T D K 株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100074930
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 山本 恵一
【持分の割合】 1/2
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 001742
 【納付金額】 10,500円
【その他】 2 番目の特許出願人は平成 1 5 年 6 月 2 7 日付で名称変更届を提出しております。
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

検査時に互いに逆方向の励磁電流が流れる互いに平行な 1 対の電流線路を少なくとも有しており非破壊検査すべき被検査体に印加される交流磁界を前記励磁電流によって発生する平坦形状の励磁コイルと、前記 1 対の電流線路間の中心軸線上であって、前記励磁コイルの前記被検査体とは反対側の位置に設けられており、前記交流磁界により発生した渦電流によって前記被検査体から新たに生じる磁界を検出するための少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子とを備えたことを特徴とする非破壊検査用渦電流センサ。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子が、少なくとも 1 つの巨大磁気抵抗効果素子又は少なくとも 1 つのトンネル磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの巨大磁気抵抗効果素子又は前記少なくとも 1 つのトンネル磁気抵抗効果素子の各々が、前記励磁コイルの平坦面と平行に積層された多層膜を備えていることを特徴とする請求項 2 に記載のセンサ。

【請求項 4】

前記多層膜が磁化固定層を含んでおり、該磁化固定層の磁化方向が前記 1 対の電流線路と平行に設定されていることを特徴とする請求項 3 に記載のセンサ。

【請求項 5】

前記多層膜が磁化自由層を含んでおり、外部磁界が存在しない際の該磁化自由層の磁化方向が前記 1 対の電流線路と垂直に設定されていることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のセンサ。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子が、チップ基板と該チップ基板上に形成された単一の磁気抵抗効果体と、該単一の磁気抵抗効果体の両端部に接続された 1 対の電極端子とを各々が有する少なくとも 1 つの薄膜チップからなり、該少なくとも 1 つの薄膜チップが前記励磁コイル上に固着されていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子が、前記 1 対の電流線路間の中心軸線上に配列された単一の磁気抵抗効果素子からなることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子が、前記 1 対の電流線路間の中心軸線上に配列された複数の磁気抵抗効果素子からなることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの磁気抵抗効果素子が、チップ基板と該チップ基板上に形成された複数の磁気抵抗効果体と、該複数の磁気抵抗効果体の両端部にそれぞれ接続された複数対の電極端子とを各々が有する少なくとも 1 つの薄膜チップからなり、該少なくとも 1 つの薄膜チップが前記励磁コイル上に固着されていることを特徴とする請求項 1 から 5 及び 8 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの薄膜チップが、前記 1 対の電流線路間の中心軸線上に配列され前記励磁コイル上に固着されている単一の薄膜チップからなることを特徴とする請求項 9 に記載のセンサ。

【請求項 11】

前記少なくとも 1 つの薄膜チップが、前記 1 対の電流線路間の中心軸線上に配列され前記励磁コイル上に固着されている複数の薄膜チップからなることを特徴とする請求項 9 に

記載のセンサ。

【請求項 1 2】

前記励磁コイルが、ミアンダ形コイルであることを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【請求項 1 3】

前記励磁コイルが、基板上に形成されたコイル導体層と該コイル導体層を覆う絶縁層とを備えてなることを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載のセンサ。

【書類名】明細書

【発明の名称】非破壊検査用渦電流センサ

【技術分野】

【0001】

本発明は、非破壊で物体の形状や欠陥などを検知する非破壊検査用渦電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

渦電流探傷検査 (Eddy-Current Testing) 技術は、原子力発電設備や航空機などの重要金属機械部品の非破壊検査に多く用いられている。このような渦電流を利用した非破壊検査用の ECT プロブは、一般に、励磁コイルとこの励磁コイルから与えられる交番磁界によって誘起される渦電流に基づく磁界を検知するための検出コイルとから主として構成される (例えば特許文献 1~4)。

【0003】

また、本願の一部発明者は、プリント基板検査用の ECT プロブとして、ミアンダ形励磁コイルと渦電流検知用の 8 の字形検出コイルとからなる ECT プロブを提案している (例えば非特許文献 1 及び 2)。

【0004】

【特許文献 1】特開平 7-83884 号公報

【特許文献 2】特開平 9-189682 号公報

【特許文献 3】特開平 11-248685 号公報

【特許文献 4】特開 2002-90490 号公報

【非特許文献 1】宮越貴久、ダリウス・カスプラザック、山田外史、岩原正吉、「ECT 技術によるプリント配線の欠陥検出の可能性」、日本応用磁気学会誌、Vol. 23, No. 4-2、第 1613 頁~第 1616 頁、1999 年

【非特許文献 2】山田外史、岩原正吉、「プレーナ形マイクロウズ電流プローブによる探傷技術の動向」、日本応用磁気学会誌、Vol. 23, No. 7、第 1817 頁~第 1825 頁、1999 年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したとき従来の ECT プロブは、渦電流に基づいて発生する磁界を検出するための手段としてコイルを使用しているため、その寸法の小型化及び感度の向上には限界があった。即ち、検出コイルは、ある程度の長さ、幅及び厚さを有しており、従って、従来の ECT プロブはミリ単位以上の比較的大きな欠陥や変化に対してのみ、実用的に検知可能であった。

【0006】

しかしながら、最近では、物体の表面における微細欠陥の有無の検査やプリント基板の微細化パターンを検査など、非常に精細な検査に ECT プロブを使用する要望が大きくなってきている。

【0007】

このような要求に従来の構造の ECT プロブで対応しようとする、以下のような問題が生じる。即ち、

(1) 分解能を上げるために、検出コイルの巻き数、コイル径、長さなどを小さくしようとしても物理的限界がある、

(2) コイルの感度はコイルの断面積及び巻き数に比例するため、分解能を上げるためにコイルの巻き数やコイル径、長さを小さくすると感度が低下してしまう、

(3) 感度が低下すると、信号対ノイズ (SN) 比が低下するため、信号自体の信頼性が低下してしまう。

【0008】

特に、励磁コイルより被検査体側に突出部が形成されないように、検出コイルを励磁コイルの被検査体とは反対側に設けようとした場合、検出コイルの感度をさらに高めないと信頼性の高い検査を期待することができない。

【0009】

従って本発明の目的は、非常に高い感度及び非常に高い分解能の両方を具備した非破壊検査用渦電流センサを提供することにある。

【0010】

本発明の他の目的は、高速で応答可能な非破壊検査用渦電流センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明によれば、検査時に互いに逆方向の励磁電流が流れる互いに平行な1対の電流線路を少なくとも有しており非破壊検査すべき被検査体に印加される交流磁界を励磁電流によって発生する平坦形状の励磁コイルと、1対の電流線路間の中心軸線上であって、励磁コイルの被検査体とは反対側の位置に設けられており、交流磁界により発生した渦電流によって被検査体から新たに生じる磁界を検出するための少なくとも1つの磁気抵抗効果(MR)素子とを備えた非破壊検査用渦電流センサが提供される。

【0012】

渦電流変化によって生じる磁界を検出する手段としてMR素子を用いているため、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイルの被検査体とは反対側の位置にこのMR素子を設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することができる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、素子の磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキャンが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、SN比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

【0013】

少なくとも1つのMR素子が、少なくとも1つの例えばスピンバルブ磁気抵抗効果(SVMR)素子などの巨大磁気抵抗効果(GMR)素子又は少なくとも1つのトンネル磁気抵抗効果(TMR)素子であることが好ましい。

【0014】

少なくとも1つのGMR素子又は少なくとも1つのTMR素子の各々が、励磁コイルの平坦面と平行に積層された多層膜を備えていることが好ましい。

【0015】

この多層膜が磁化固定層(ピンド層)を含んでおり、このピンド層の磁化方向が1対の電流線路と平行に設定されていることがより好ましい。

【0016】

多層膜が磁化自由層(フリー層)を含んでおり、外部磁界が存在しない際のこのフリー層の磁化方向が1対の電流線路と垂直に設定されていることが非常に好ましい。

【0017】

少なくとも1つのMR素子が、チップ基板とチップ基板上に形成された単一のMR体と、単一のMR体の両端部に接続された1対の電極端子とを各々が有する少なくとも1つの薄膜チップからなり、少なくとも1つの薄膜チップが励磁コイル上に固着されていることが好ましい。

【0018】

少なくとも1つのMR素子が、1対の電流線路間の中心軸線上に配列された単一の又は複数のMR素子からなることも好ましい。

【0019】

少なくとも1つのMR素子が、チップ基板とチップ基板上に形成された複数のMR体と、複数のMR体の両端部にそれぞれ接続された複数対の電極端子とを各々が有する少なく

とも1つの薄膜チップからなり、少なくとも1つの薄膜チップが励磁コイル上に固着されていることも好ましい。

【0020】

この場合、少なくとも1つの薄膜チップが、1対の電流線路間の中心軸線上に配列され励磁コイル上に固着されている単一の又は複数の薄膜チップからなることが好ましい。

【0021】

励磁コイルが、ミアンダ形コイルであることも好ましい。

【0022】

励磁コイルが、基板上に形成されたコイル導体層とこのコイル導体層を覆う絶縁層とを備えてなることも好ましい。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイルの被検査体とは反対側の位置にMR素子を設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することができる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、素子の磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキニングが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、S/N比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1は本発明の好ましい実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図であり、図2は図1のA-A線断面図である。

【0025】

これらの図において、10は絶縁材料によって形成された基板、11は基板10上に折り返しを有する平面パターンとして形成されたコイル導体からなるミアンダ形の励磁コイル、12及び13は基板10上に形成されており、励磁コイル11の両端に電氣的に接続されている1対の電極端子、14～18は励磁コイル11上に固着されており、各々が例えばSVMR素子などのGMR素子を搭載している薄膜チップをそれぞれ示している。

【0026】

励磁コイル11は、図2から明らかなように、絶縁性の基板10上に形成されたコイル導体層20と、このコイル導体層20を覆う絶縁層21とを含んでいる。励磁コイル11の励磁部は、基板10のZ方向に互いに平行に伸長し両端部で折り返している複数の電流線路を有している。隣り合う電流線路には、検査時に、互いに逆方向の交番励磁電流が流れる。

【0027】

薄膜チップ14～18は、励磁コイル11のX方向で中央部に位置する1対の電流線路11a及び11bの中心軸線上に一直列状態で配列されている。基板10の図1において見える側の面と反対側の面が被検査体に対向する面であり、従って、薄膜チップ14～18は、励磁コイル11の被検査体とは反対側の面上に固着されている。

【0028】

図3は本実施形態における各薄膜チップの構成を概略的に示す斜視図である。なお、図3においては、理解を容易にするため、GMR素子が誇張して大きく描かれている。

【0029】

薄膜チップ14～18の各々は、チップ基板30上に、例えばSVMR素子などのGMR素子31と、そのGMR素子31に電氣的に接続された1対のリード導体32及び33と、リード導体32及び33にそれぞれ電氣的に接続された1対の電極端子34及び35とを薄膜技術によって形成したものである。

【0030】

図4はGMR素子31を例えば構成するSVMR素子の主要部における2つの膜構成例を概略的に示す斜視図である。

【0031】

同図(A)に示す膜構成例において、SVMR素子の主要部は、基板側から強磁性材料によるフリー層40、非磁性導電材料によるスペーサ層41、強磁性材料によるピンド層42及び反強磁性材料によるピンニング層43を順次積層してなるSVMR多層膜から構成されている。このSVMR多層膜において、ピンド層42及びピンニング層43の磁化方向は、層の面内方向の-Z方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層40の磁化方向は層の面内方向の+X方向である。

【0032】

同図(B)に示す膜構成例において、SVMR素子の主要部は、基板側から反強磁性材料によるピンニング層43'、強磁性材料によるピンド層42'、非磁性導電材料によるスペーサ層41'及び強磁性材料によるフリー層40'を順次積層してなるSVMR多層膜から構成されている。このSVMR多層膜において、ピンド層42'及びピンニング層43'の磁化方向は、層の面内方向の-Z方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層40'の磁化方向は層の面内方向の+X方向である。

【0033】

このような多層膜構成を有するSVMR素子は、層に垂直なY方向の磁界成分に対しては感度が低く、層に水平なX方向及びZ方向の磁界成分に対して高い感度を有している。特に、Z方向の磁界成分に対しては非常に高い検出感度を有している。

【0034】

図3からも分かるように、GMR素子31は、その各層が1対の電流線路11a及び11bの面内(励磁コイルの平坦面)方向(X及びZ方向)と平行となるように設定されている。特に、本実施形態では、ピンド層42又は42'の磁化方向が1対の電流線路11a及び11bの伸長方向(Z方向)と平行となり、外部磁界が存在しないときのフリー層40又は40'の磁化方向がこれら1対の電流線路11a及び11bの伸長方向と垂直でありかつその線路の面内(励磁コイルの平坦面)方向となるように(X方向に)設定されている。

【0035】

図5は本実施形態における非破壊検査用渦電流センサを用いて行なうプリント基板の配線チェックの原理を説明するための平面図であり、図6はプリント基板の配線路の部分のみを拡大して示した平面図である。

【0036】

配線チェックを行なう場合、非破壊検査用渦電流センサを、その励磁コイル11に高周波電流を流しながら、被検査体であるプリント基板と面平行に2次元スキャンする。その状態で、GMR素子にセンス電流を流して出力を検出する。

【0037】

今、図5に示すように、プリント基板上の配線路50と非破壊検査用渦電流センサの電流線路とが互いに平行でありかつ電流線路11a及び11bの間に配線路50が位置している状態を考える。図5(A)及び図6(A)は配線路50に断線がない場合、図5(B)及び図6(B)は断線がある場合である。

【0038】

図5(A)に示すように、励磁コイル11を流れる高周波の励磁電流51により、配線50には、渦電流52がその線路方向に沿って誘起される。この状態は、図6(A)も表されている。図5(A)に示すように、この渦電流52によって新たに磁界(渦電流誘起磁界)53が誘起され、GMR素子はこの磁界53のX方向成分に応じた電圧を出力する。

【0039】

配線路50'に断線54が存在すると、渦電流52'は、図5(B)及び図6(B)に示すように、その断線54の手前で折り返し、その結果、この折り返す渦電流52'の分

だけ渦電流が余分に流れることとなり、断線の部分の渦電流誘起磁界が変化する。GMR素子はこの変化した渦電流誘起磁界のX方向成分に応じた電圧を出力する。

【0040】

本実施形態によれば、渦電流変化によって生じる磁界を検出する手段として、GMR素子をそれぞれ備えた複数の薄膜チップ14～18を用いているため、被検査体側に突出部が存在しないように励磁コイル11の被検査体とは反対側の位置にこのこれら薄膜チップを設置した場合にも、非常に高い感度で渦電流方向の微小変化のみを検出することができる。しかも、検出手段を大幅に小型化できるため、検知分解能も非常に高めることが可能となる。さらにまた、GMR素子は、磁気モーメントが小さくかつ磁気応答性が良好であるため、励磁周波数を高めることができるので、高速のスキャンが可能となり、分解能を上げたときの検査速度の低下を防止することができる。従って、高感度、高速かつ高分解能であり、SN比が高く高信頼性を有する非破壊検査を行なうことができる。

【0041】

図7は本発明の他の実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

【0042】

同図において、70は絶縁材料によって形成された基板、71は基板70上に折り返しを有する平面パターンとして形成されたコイル導体からなるミアンダ形の励磁コイル、72及び73は基板70上に形成されており、励磁コイル71の両端に電氣的に接続されている1対の電極端子、74は励磁コイル71上に固着されており、例えばSVMR素子などのGMR素子を搭載している薄膜チップをそれぞれ示している。

【0043】

励磁コイル71は、図1の実施形態の場合と同様に、絶縁性の基板70上に形成されたコイル導体層と、このコイル導体層を覆う絶縁層とを含んでいる。励磁コイル71の励磁部は、基板70のZ方向に互いに平行に伸長し両端部で折り返している複数の電流線路を有している。隣り合う電流線路には、検査時に、互いに逆方向の交番励磁電流が流れる。

【0044】

薄膜チップ74は、励磁コイル71のX方向で中央部に位置する1対の電流線路71a及び71bの中心軸線上に配置されている。基板70の図7において見える側の面と反対側の面が被検査体に対向する面であり、従って、薄膜チップ74は、励磁コイル71の被検査体とは反対側の面上に固着されている。

【0045】

以上の説明から明らかなように、図7の実施形態は、薄膜チップが複数ではなく単一であることを除いて、図1の実施形態とはほぼ同様の構成を有するものである。従って、本実施形態の作用効果などの説明は省略する。

【0046】

図8は図1又は図7の実施形態における薄膜チップの構成の変更態様を概略的に示す斜視図である。なお、図8においては、理解を容易にするため、GMR素子が誇張して大きく描かれている。

【0047】

この変更態様において、薄膜チップは、チップ基板80上に、例えばSVMR素子などの4つのGMR素子81～84と、これらGMR素子81～84にそれぞれ電氣的に接続された4対のリード導体85及び86、87及び88、89及び90並びに91及び92と、これらリード導体にそれぞれ電氣的に接続された4対の電極端子93及び94、95及び96、97及び98並びに99及び100とを薄膜技術によって形成したものである。

【0048】

GMR素子81～84の各々の一例であるSVMR素子の主要部における膜構成は、図4に示したものと同様である。即ち、SVMR素子の主要部は、基板側から強磁性材料によるフリー層40、非磁性導電材料によるスペーサ層41、強磁性材料によるピンド層4

2 及び反強磁性材料によるピンニング層 4 3 を順次積層してなる S V M R 多層膜から構成されているか、又は基板側から反強磁性材料によるピンニング層 4 3'、強磁性材料によるピンド層 4 2'、非磁性導電材料によるスペーサ層 4 1' 及び強磁性材料によるフリー層 4 0' を順次積層してなる S V M R 多層膜から構成されている。この S V M R 多層膜において、ピンド層 4 2 又は 4 2' 及びピンニング層 4 3 又は 4 3' の磁化方向は、層の面内方向の - Z 方向であり、外部磁界が存在しないときのフリー層 4 0 又は 4 0' の磁化方向は層の面内方向の + X 方向である。

【0049】

このような多層膜構成を有する S V M R 素子は、層に垂直な Y 方向の磁界成分に対しては感度が低く、層に水平な X 方向及び Z 方向の磁界成分に対して高い感度を有している。特に、Z 方向の磁界成分に対しては非常に高い検出感度を有している。

【0050】

図 8 から分かるように、GMR 素子 8 1 ~ 8 4 の各々は、その各層が 1 対の電流線路 1 1 a 及び 1 1 b (7 1 a 及び 7 1 b) の面内 (励磁コイルの平坦面) 方向 (X 及び Z 方向) と平行となるように設定されている。特に、本実施形態では、ピンド層 4 2 又は 4 2' の磁化方向が 1 対の電流線路 1 1 a 及び 1 1 b (7 1 a 及び 7 1 b) の伸長方向 (Z 方向) と平行となり、外部磁界が存在しないときのフリー層 4 0 又は 4 0' の磁化方向がこれら 1 対の電流線路 1 1 a 及び 1 1 b (7 1 a 及び 7 1 b) の伸長方向と垂直でありかつその線路の面内 (励磁コイルの平坦面) 方向となるように (X 方向に) 設定されている。

【0051】

なお、上述の実施形態は、薄膜チップが S V M R 素子などの GMR 素子を備えている場合について述べたが、薄膜チップが、GMR 素子に代えて、さらに高感度の TMR 素子を備えていても良いことは明らかである。

【0052】

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

【産業上の利用可能性】

【0053】

本発明による非破壊検査用渦電流センサは、原子力発電設備や航空機などの重要金属機械部品の非破壊検査のみならず、物体の表面及び内面における微細欠陥の有無の検査やプリント基板の微細化パターンの検査など、非常に精細な非破壊検査に極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】本発明の好ましい実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 2】図 1 の A - A 線断面図である。

【図 3】図 1 の実施形態における各薄膜チップの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 4】図 3 の GMR 素子を例えば構成する S V M R 素子の主要部における 2 つの膜構成例を概略的に示す斜視図である。

【図 5】図 1 の実施形態における非破壊検査用渦電流センサを用いて行なうプリント基板の配線チェックの原理を説明するための平面図である。

【図 6】図 5 におけるプリント基板の配線路の部分のみを拡大して示した平面図である。

【図 7】本発明の他の実施形態における非破壊検査用渦電流センサの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 8】図 1 又は図 7 の実施形態における薄膜チップの構成の変更態様を概略的に示す斜視図である。

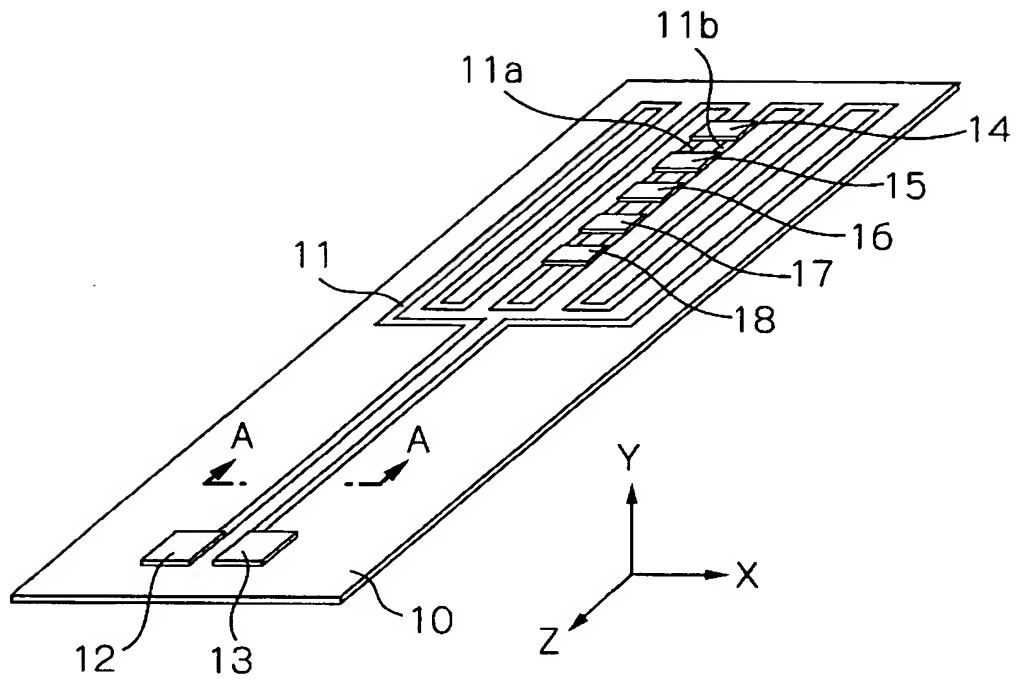
【符号の説明】

【0055】

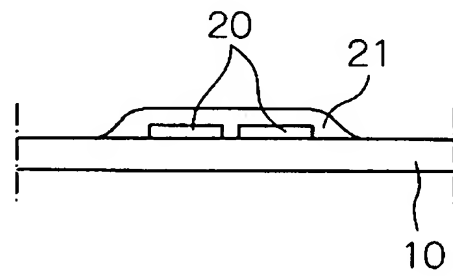
10、70 基板
11、71 励磁コイル
12、13、34、35、72、73、93～100 電極端子
14～18、74 薄膜チップ
11a、11b、71a、71b 電流線路
20 コイル導体層
21 絶縁層
30、80 チップ基板
31、81～84 GMR素子
32、33、85～92 リード導体
40、40' フリー層
41、41' スペーサ層
42、42' ピンド層
43、43' ピンニング層
50 配線路
51 励磁電流
52、52' 渦電流
53 磁界
54 断線

【書類名】 図面

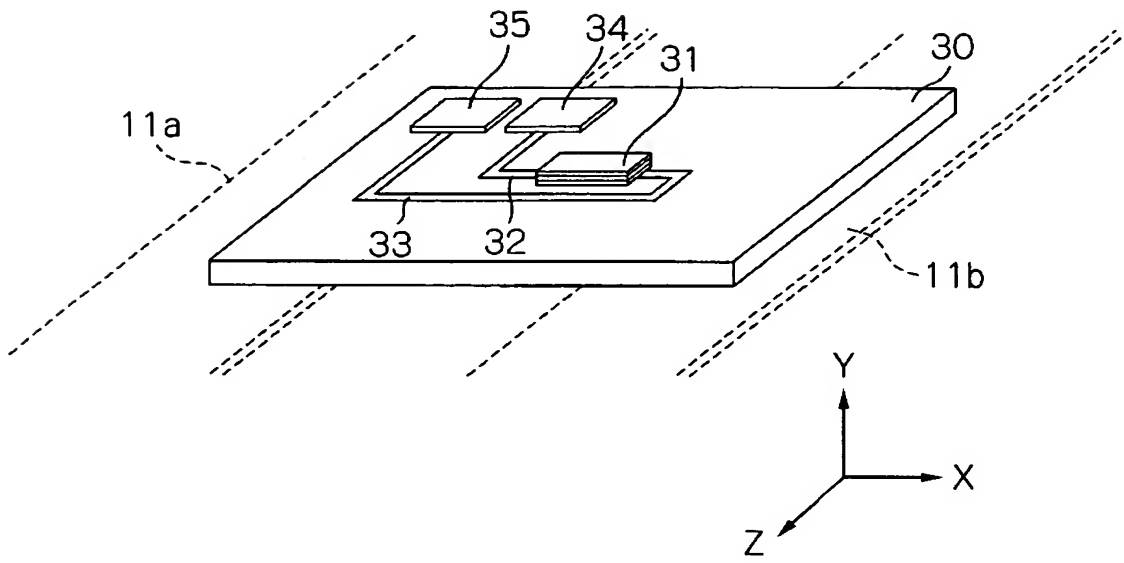
【図 1】



【図 2】

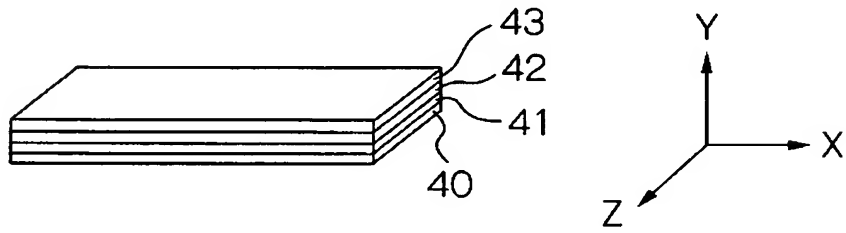


【図 3】

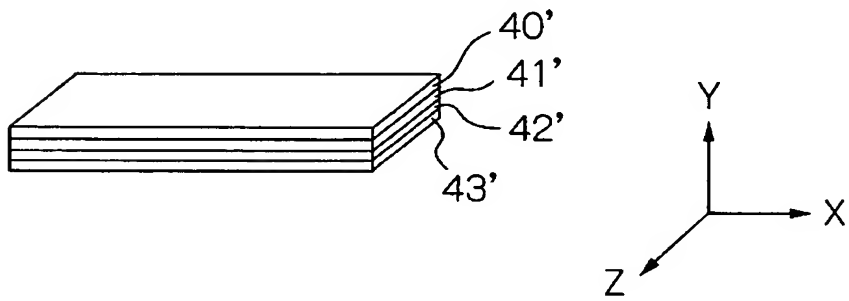


【図 4】

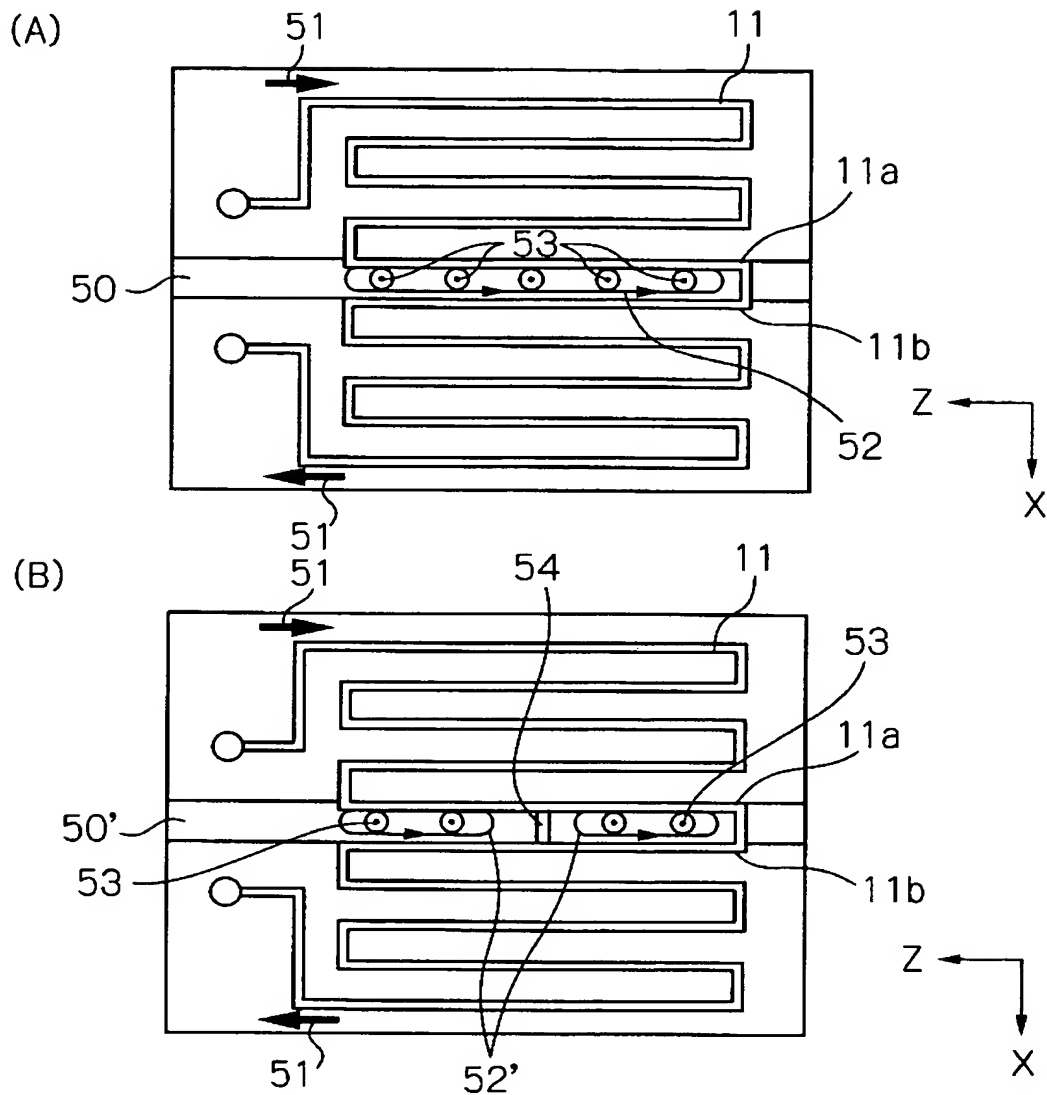
(A)



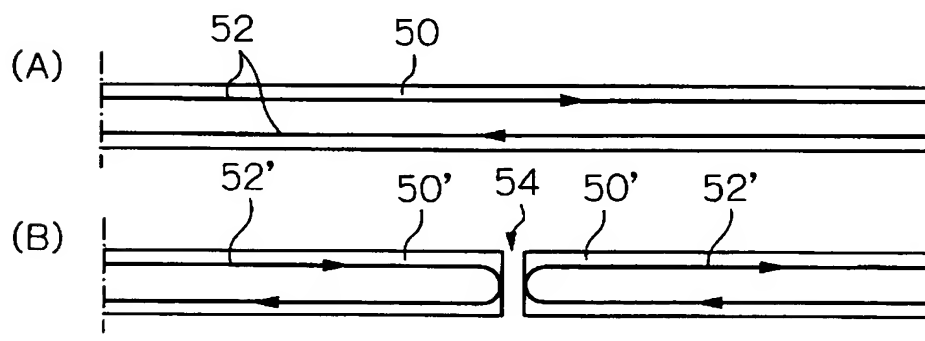
(B)



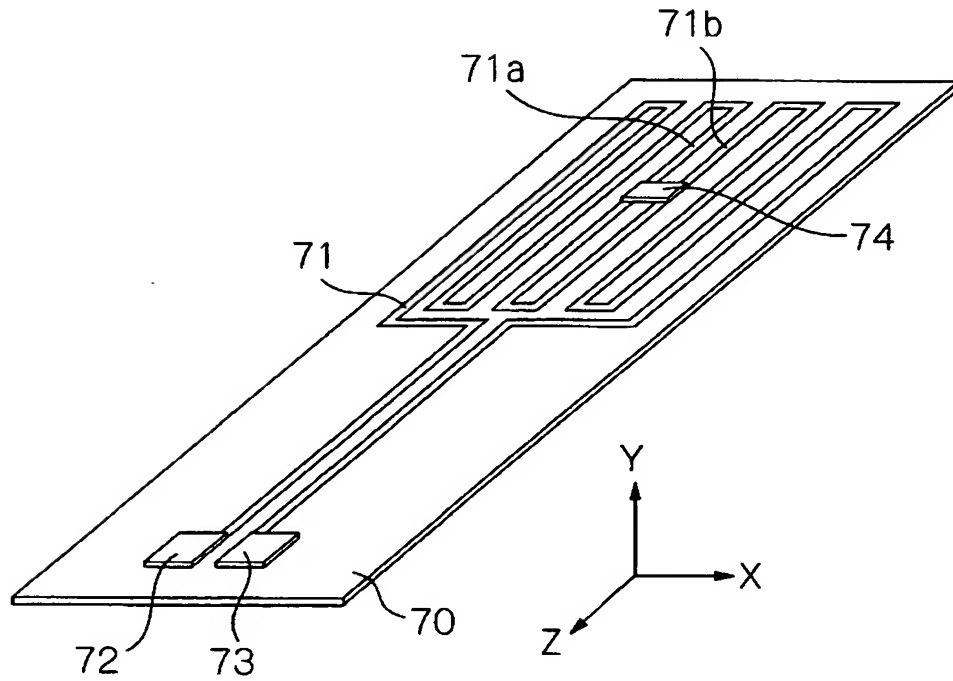
【図 5】



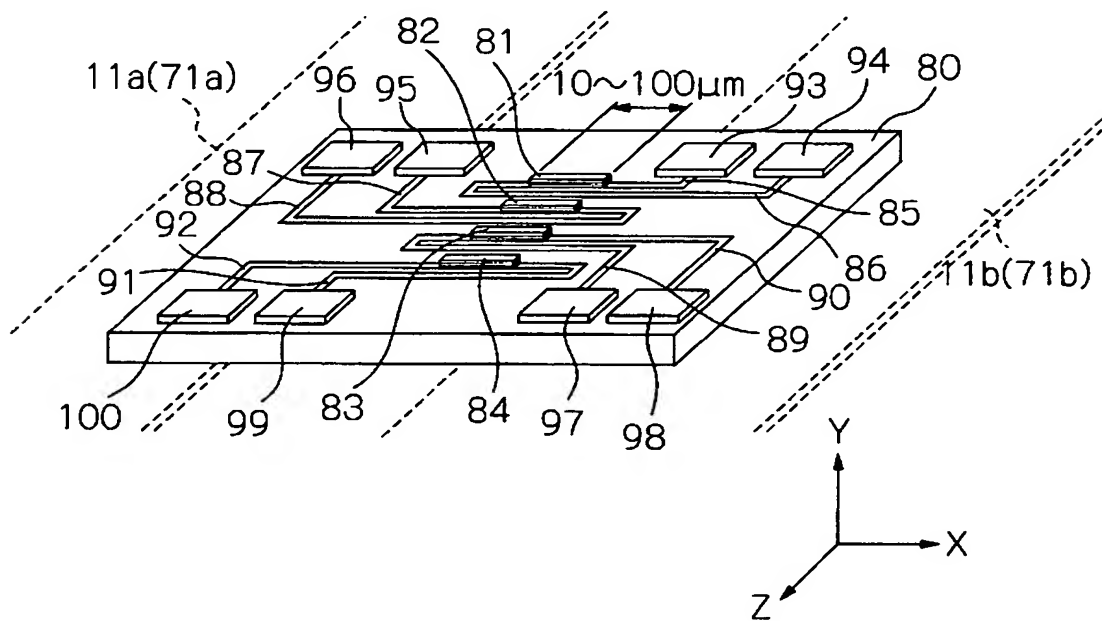
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非常に高い感度及び非常に高い分解能の両方を具備し、高速で応答可能な非破壊検査用渦電流センサを提供する。

【解決手段】 検査時に互いに逆方向の励磁電流が流れる互いに平行な 1 対の電流線路を有しており非破壊検査すべき被検査体に印加される交流磁界を励磁電流によって発生する平坦形状の励磁コイルと、1 対の電流線路間の中心軸線上であって、励磁コイルの被検査体とは反対側の位置に設けられており、交流磁界により発生した渦電流によって被検査体から新たに生じる磁界を検出するための少なくとも 1 つの MR 素子とを備えている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 7 7 3 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 9 1 0 0 6 3 3 5]

1. 変更年月日	1 9 9 5 年 3 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	石川県金沢市角間町 (番地なし)
氏 名	金沢大学長

特願 2 0 0 3 - 2 7 7 3 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 6 7]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 6 月 2 7 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

T D K 株式会社